新潟大学大学院自然科学研究科環境システム科学専攻
建築学教育研究群　修士論文　　平成１６年度

戸建て住宅を対象とした通風性能評価に関する研究
－通風性能に関する全国を対象としたデータベースの構築－

渡部　大陸
指導教官　　赤林　伸一　教授

1　研究目的

近年、CO_2 などの排出増加に伴う地球温暖化問題を背景にして、住宅などで消費される民生用エネルギーを減少させるために、自然エネルギーを有効に利用し、居住環境を調整する手法が注目されている。寒冷地を中心に普及してきた高気密・高断熱化住宅は、冬季の室内温熱環境の改善、暖房負荷の低減に対しては効果を発揮している。しかし、この高気密・高断熱化住宅が比較的温暖な地域にも建設されるようになり、特に夏季の室内温熱環境の悪化、冷房用エネルギーの大幅な増加が懸念されている。これに対し、省エネルギー手法の一つである通風を利用し、居住者の体感温度を低下させることは、冷房の使用率を低下させる効果があり、今後の積極的な利用が望まれる。

通風による効果は、立地条件・地域条件・建物形状に大きな影響を受けるが、これらの条件を考慮して通風性能を定量的に評価している例は極めて少ない。特に、地域条件により通風の効果は大きく異なる。また、建物の開口条件は、それぞれの都市の気象条件により変化すると考えられる。

本研究では、単純住宅モデルを対象に、開放する窓の条件を変化させ、全国842 都市における室内通風デグリアワー（以下ＣＶＤＨ）を算出する。室内ＣＶＤＨから各都市の最適な窓の開放条件を定量的に解析することにより、全国を対象とした通風設計資料を作成し、通風性能に関するデータベースを構築することを目的とする。

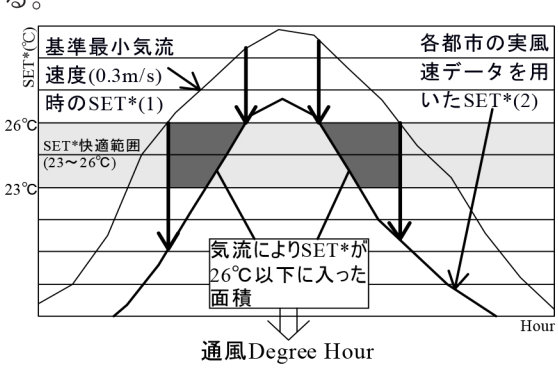


図１　通風性能評価指標の概念

2　研究概要

2.1　通風デグリアワーの定義（CVDH:Cross Ventilation Degree Hour）

図１に本研究で使用する通風性能評価指標の概念を示す。SET* を算出する際の風速値は、人体周辺の熱対流を考慮し、最小風速を0.3m/s、最大風速を3.0m/s とする。基準最小風速（0.3m/s）時の SET*(1)の時間変化を最初に計算し、次に快適範囲の上限である SET* が26℃を超えている時間を対象に、各都市の風速データによる SET*(2)と比較し、下限値の SET* を23℃として時間数に SET* の差（SET*(1)-SET*(2)）を乗じてＣＶＤＨを算出する。すなわち、ＣＶＤＨはそれぞれの地域において、気流のみの影響により、SET* が26℃を超えている時間に人体の体感温度をどの程度低下させるかを示す指標である。

2.2　室内ＣＶＤＨの概要

図２に室内ＣＶＤＨの解析フローを示す。最初に対象モデルの室内外気流分布を明らかにするため数値流体解析を行い、対象モデル16 風向の気流分布を算出する。

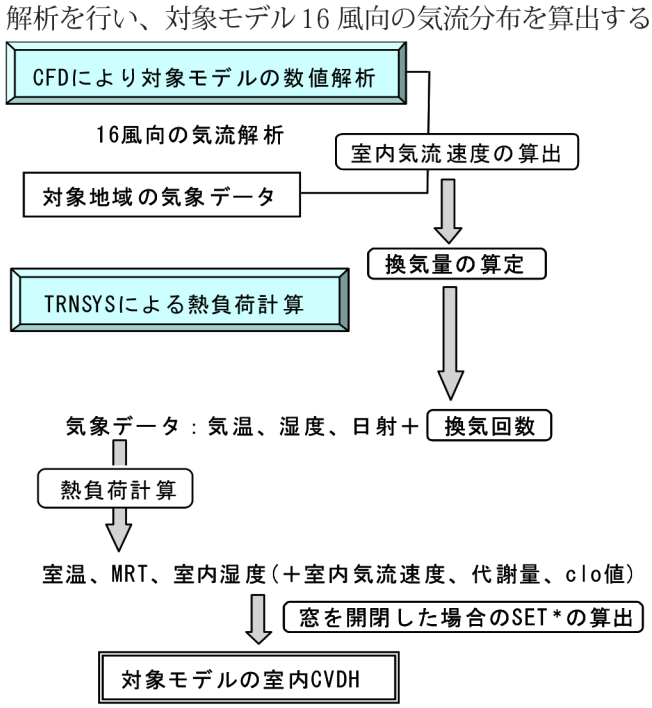


図２　室内ＣＶＤＨの解析フロー

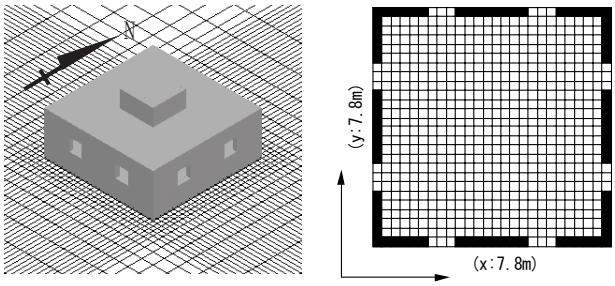
次に、対象都市の風向、風速から換気量を算出し、熱負荷シミュレーションソフトTRNSYSにより、対象建物の室温、MRT、相対湿度を算出する。これらの結果から非暖房期間において窓を開放した場合と閉鎖した場合のSET*を算出し、室内CVDHを算出する。

2.3　解析条件

表1にCFD解析条件、図3に解析対象モデルの外観とメッシュ分割(平面)を示す。乱流モデルは標準k-εモデルとし、建蔽率は0％(周囲に建物が無い)とする。解析対象モデルは、一つの開口面積を0.81㎡(0.9m×0.9m)とし、開放する窓の数と位置を変化させた25caseとする。表2に窓の開放条件を示す。南側壁面⑤の位置は全caseにおいて開放する。各caseにおいて16風向の数値解析を行い、風速比データをもとに日本建築学会拡張アメダス気象データが整備されている842都市の室内CVDHを求める。

表1　CFD解析条件

乱流モデル	標準k-εモデル
建蔽率（%）	0（周囲に建物が無い）
風向	全16風向
室内解析メッシ	26（x）×26（y）×14（z）=9464ﾒｯｼｭ
窓面積（㎡）	0.81（=0.9×0.9）



(1)外観　　(2)メッシュ分割（平面）

図3　単純住宅モデルの外観とメッシュ分割

2.4　解析方法

室内外気流分布は、標準k-εモデルを用いた数値流体解析手法(CFD2000)により行う。基準風速高さは全caseにおいて地上高さ6.5mとし、基準風速は3m/sとする。建ぺイ率は0％(周囲に建物が無い)として室内風速比の計算を行う。全国842都市を対象とし、気象データには日本建築学会拡張アメダス気象データを用い、熱負荷シミュレーションソフトTRNSYSによりcase毎に熱負荷計算を行う。各都市の非暖房期間におけるSET*を算出し室内CVDHを算出する。室内CVDHの平均値から都市毎にcaseの順位をつけ、それぞれの都市に適した窓の開放条件を示す。算出された室内CVDHのデータから全国を対象とした通風設計資料を作成し、通風性能のデータベースを構築する。

3　解析結果

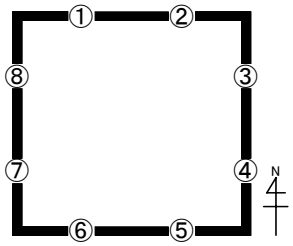
3.1　全国非暖房期間の算出結果

表3に主要都市の非暖房期間を示す。北海道はどの都市でも非暖房期間が短く、札幌76日、釧路34日となる。本州では避暑地の軽井沢や山間部の草津で、同じ県内の平野部にある前橋や長野の半分程度であり、非暖房期間は60日程度となる。また、九州でも山間部の非暖房期間は短く、阿蘇山で59日である。関東、東海、関西地方では150～160日、四国、九州地方では170～200日前後に多く分布している。沖縄では暖房期間がほとんどなく、一年を通して温暖である。非暖房期間は北から南、山間部から平野・海岸部に向けて長くなる。

3.2　CFD解析結果

図4に風向S時の室内気流分布(case 1、case 3、case 8、case24)を示す。2つの開口部をもつcase 1と

表2　窓の開放条件



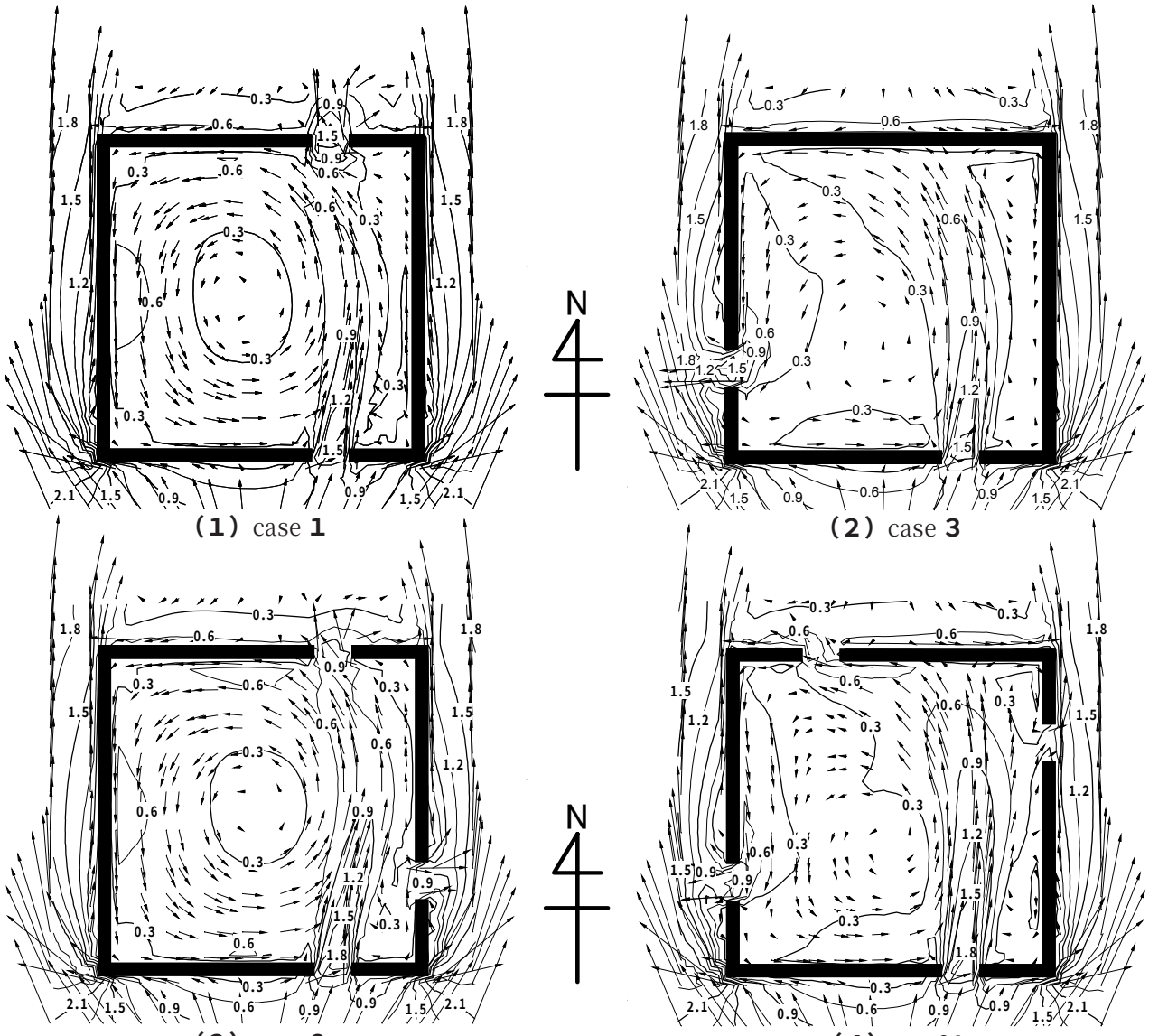
一つの開口面積は0.81㎡(0.9m×0.9m)とし、南側⑤は全caseで開放する								
開口位置	開口数2	case1	case2	case3	case4	case5		
		②	①	⑦	⑧	④		
	開口数3	case6	case7	case8	case9	case10	case11	case12
		①,②	②,⑦	③,④	①,⑦	①,⑧	⑦,⑧	③,④
	開口数4	case13	case14	case15	case16	case17	case18	case19
		①,②,⑦	①,②,⑧	①,②,③	①,⑦,⑧	①,③,⑧	④,⑦,⑧	①,②,⑥
		case20	case21	case22	case23	case24	case25	
		⑥,⑦,⑧	②,⑦,⑧	②,④,⑦	②,③,④	①,③,⑦	①,④,⑧	

表3　主要都市の非暖房期間

case 3を比べると、case 1は開口部を結ぶ通気輪道が形成されている。また、室全体に循環流が生じており、室全体で気流速度が速くなっている。case 3は流入側の開口部から室全体に気流が広がっており、開口部を結ぶ通気輪道が形成されていない。そのため、室内に循環流がほとんど形成されず、開口部付近は気流速度が速くなっているが、室内では気流速度が遅くなっている。case 1に開口を一つ増やしたcase 8では、case 1と同様に循環流が生じ、室全体の気流速度が速くなる。また、流入側の気流速度は速くなっているが、流出側の気流速度は遅くなっている。一つの流入部に対して2つの流出部がある場合、気流が二方向に分かれるため、流出部の速度は遅くなる。4つの開口部をもつcase24も同様に、流入側の開口部は気流速度は速くなるが、流出側の開口部は気流速度が遅くなっている。2つの開口をもつcase 1と4つの開口をもつcase24を比較すると、流入側の開口部は開口数の多いcase24の方が気流速度が速いが、室全体の気流分布は、室全体ではcase 1の方が気流速度の速い領域が大きい。case 1やcase 8のように、通気輪道が形成される場合には室内に循環流が生じ、結果的に室全体の気流速度が速くなる。開口の位置を変えることにより、開口数の少ないcaseでも開口数の多いcaseより室内の気流速度を速くすることができる。従って、非暖房期間の風向風速条件を考慮し、それぞれの都市にあった窓の開放位置を計画することが重要である。

3.3　室内CVDHの解析結果

図5に非暖房期間における東京・新潟の風配図・風向別の累積風速、図6に東京・新潟における室内CVDHの分布（case 1、case 3、case 8、case24）を示す。東京は、S、SW、NNW風向の割合が多く、この風向の風速も速い。新潟は、NNE、NE、SE～SSW風向の割合が

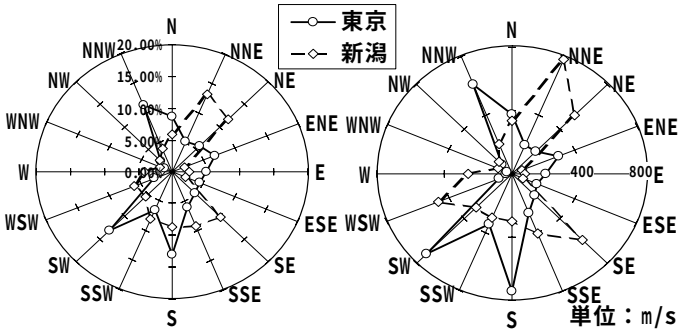


（1）case 1　（2）case 3

（3）case 8　（4）case24

図4　風向S時の室内気流分布(case 1、case 3、case 8、case24)

多く、NNE、NE、SE～SSWの風速が速い。特にNNE、SE風向の風速が速くなっている。２つの開口部をもつcase１、case３は、東京、新潟とも開口部付近で室内CVDHは3000℃h程度となっている。case３はどちらの都市も開口部付近の室内CVDHの値は大きくなるが、開口部から離れた領域では室内CVDHの値は小さくなる。特に東京では、開口部付近以外では室内CVDHの値は1000℃h以下となる。しかし、case１では、室全体に室内CVDHの値が大きい領域が広がっている。CFD解析結果では、開口条件による室内の風速分布の違いから、室全体に気流速度の速い領域が大きいcase１の方が室全体で大きな値を示している。平均室内CVDHは、東京はcase１で2152℃h、case３で781℃h、新潟はcase１で2251℃h、case３で1317℃hとなる。３つの開口部をもつcase８では、室内CVDHの値が3000℃h以上の領域がcase１より大きくなる。東京では、開口部付近で室内CVDHが4000℃hとなる。平均室内CVDHもcase１より大きくなり東京で2449℃h、新潟で2669℃hとなる。４つの開口部をもつcase24では南側、西側開口部付近でどちらの都市も室内CVDHの値が4000℃hを超える。しかし、平均室内CVDHはcase８よりも小さく東京で2438℃h、新潟で2495℃hとなる。case８は室全体に室内CVDHの値が大きい領域があるのに対して、case24は開口部付近の気流速度が速い場所にのみ室内CVDHの値が大きい領域ができないため、室内平均CVDHはcase８の方が大きくなる。非暖房期間は東京ではS、NNE、新潟ではS、NNE付近の風向が多く、どちらの都市もS側開口部で室内CVDHの値が大きくなり、東京ではW側、新潟ではE側の開口部で室内CVDHの値が大きくなる。また、case24のように、全壁面に開口をもつcaseにおいては、開口部付近では大きな値となるが、平均室内CVDHでは開口数の少ないcase８の方が値が大きくなる場合もある。建物の開口条件と都市の風向等気象条件を考慮する事は、建物の通風を考える時に極めて重要であり、室内気流分布と気象データを把握した上で建物の窓の開放位置を計画することが有効である。また、開口数を多くすることも重要な要素の一つであるが、開口数の少ない場合でも最適な位置に開口部を設けた方が通風を有効的に利用することができる。



（１）風配図　（２）風向別の累積風速

図５　非暖房期間における東京・新潟の風配図・風向別の累積風速

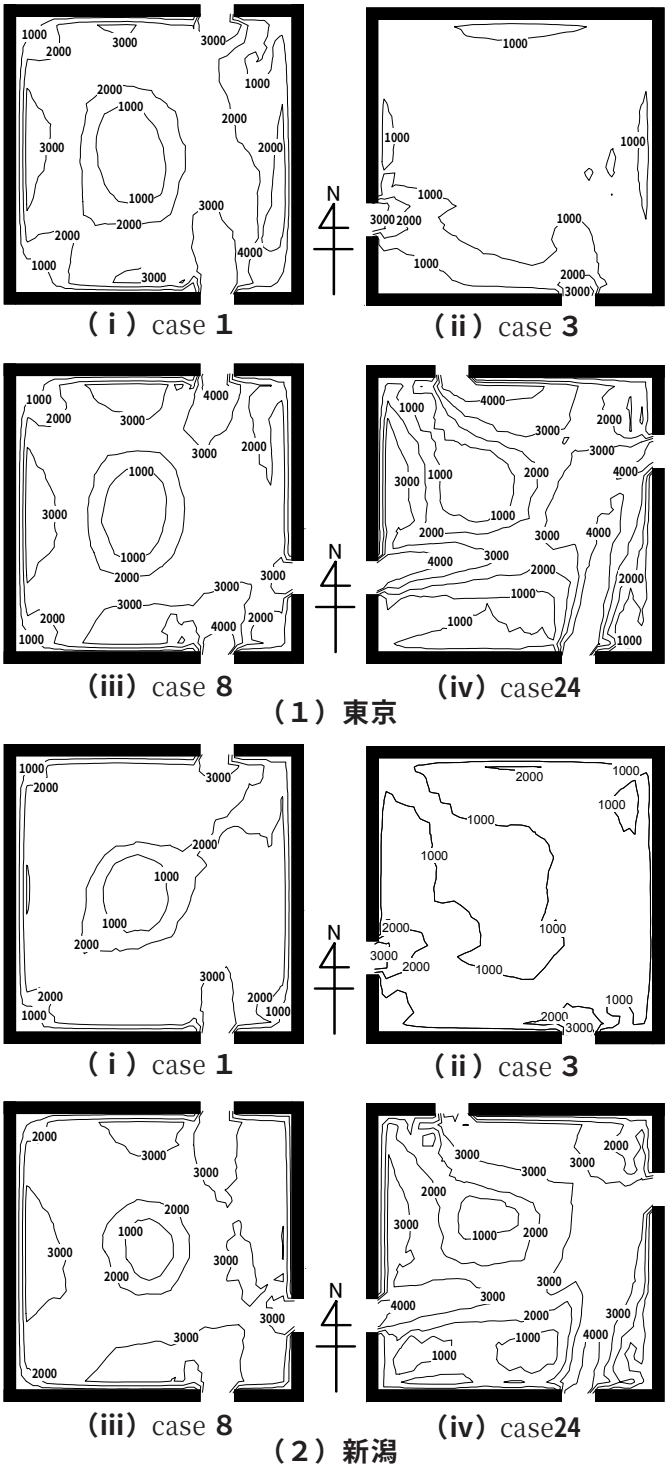


図６　東京・新潟における室内CVDHの分布
（case１、case３、case８、case24）

4　全国の室内CVDH比較

4.1　全国の主風向と平均風速の分布

図７に全国の非暖房期間における主風向別平均風速(地上高さ1.5ｍ)の度数を示す。全国的にNEからSWの範囲に主風向をもつ地域が多い。特に、SE、Ｓ風向が主風向となる都市が多く、全国でほぼ同じ方位からの風が吹いていることがわかる。非暖房期間は、どの都市でも夏季に当たるため、太平洋側の高気圧や台風の影響が大きいと考えられる。各都市の非暖房期間の平均風速は0.5m/sから1.5m/sの範囲が最も多い。

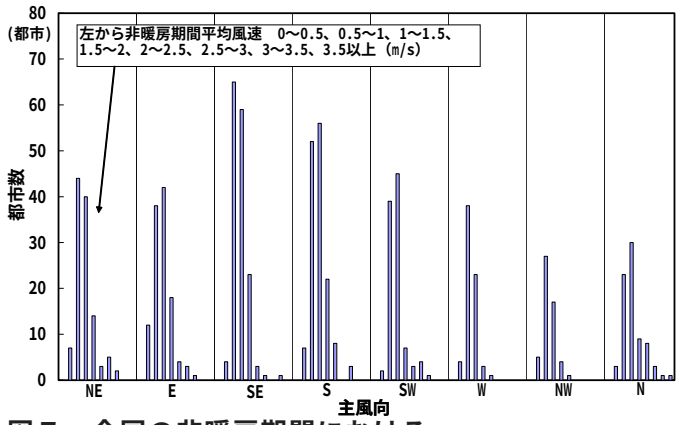
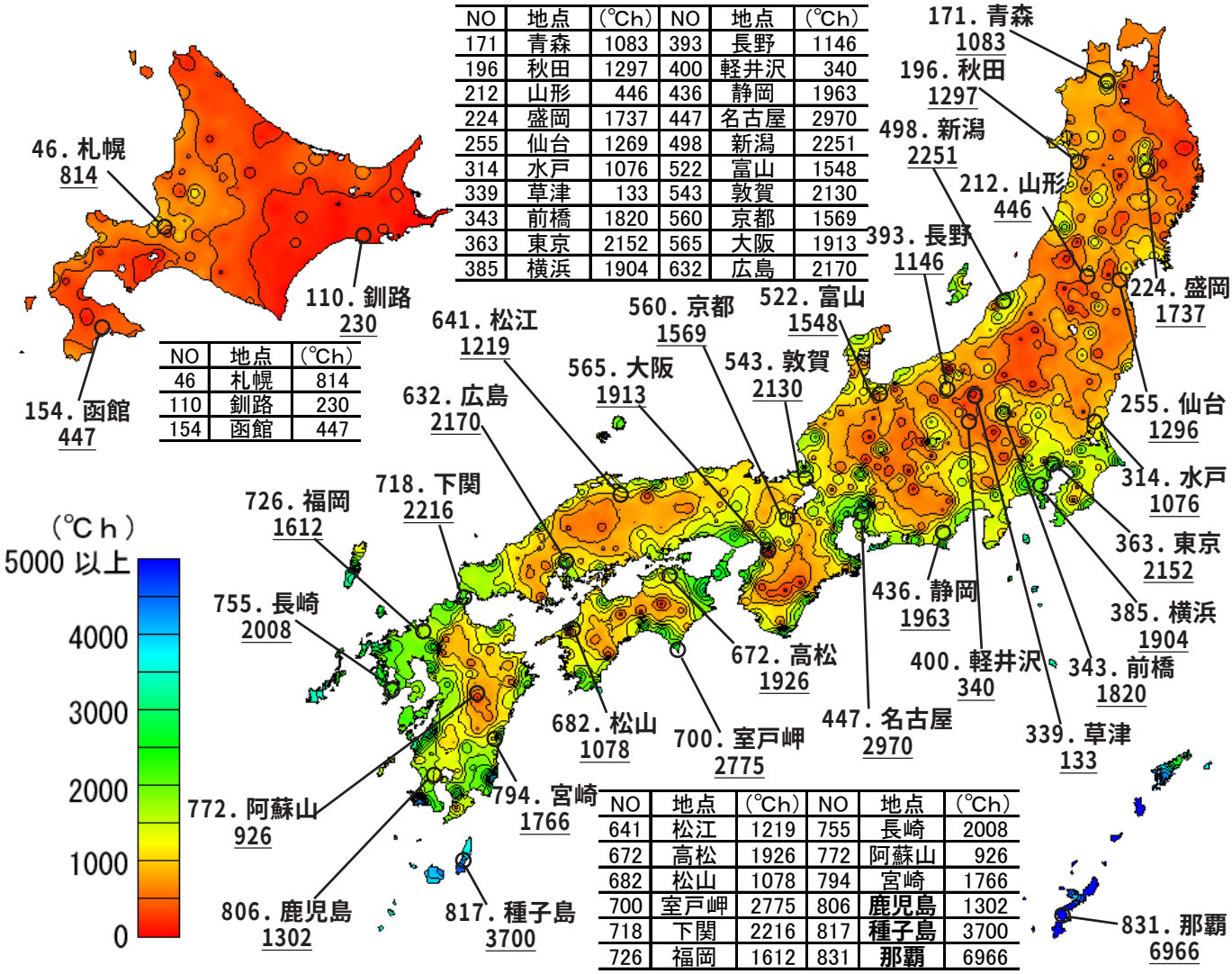


図７　全国の非暖房期間における主風向別平均風速(地上高さ1.5ｍ)の度数

4.2　全国の平均室内CVDHの分布

図８にcase1における平均室内CVDHマップを示す。北海道から南下するに従い、相対的に平均室内CVDHは大きくなる。また、海沿いで大きく、内陸は小さくなる。標高の高い都市は、夏期でも平均気温が低く、非暖房期間が短いため、平均室内CVDHも小さくなる。非暖房期間と同様に、草津や軽井沢では、同じ県の前橋、長野よりも平均室内CVDHが小さく、草津で133℃h、軽井沢で340℃hとなる。また、九州でも阿蘇山のように山間部では室内CVDHは小さく926℃hとなる。全国の海岸沿いでは、日本海側よりも太平洋側の方が平均室内CVDHは大きい。特に、関東から南の



NO	地点	(℃h)	NO	地点	(℃h)
171	青森	1083	393	長野	1146
196	秋田	1297	400	軽井沢	340
212	山形	446	436	静岡	1963
224	盛岡	1737	447	名古屋	2970
255	仙台	1269	498	新潟	2251
314	水戸	1076	522	富山	1548
339	草津	133	543	敦賀	2130
343	前橋	1820	560	京都	1569
363	東京	2152	565	大阪	1913
385	横浜	1904	632	広島	2170

NO	地点	(℃h)
46	札幌	814
110	釧路	230
154	函館	447

NO	地点	(℃h)	NO	地点	(℃h)
641	松江	1219	755	長崎	2008
672	高松	1926	772	阿蘇山	926
682	松山	1078	794	宮崎	1766
700	室戸岬	2775	806	鹿児島	1302
718	下関	2216	817	種子島	3700
726	福岡	1612	831	那覇	6966

図８　case1における平均室内CVDHマップ

海岸沿いの平野部では室内平均CVDHが2000℃h前後となる。また、全体的に島部では非暖房期間が長いため、通風の効果を長期間得ることができ室内CVDHは大きくなり、種子島で3700℃h、那覇では6966℃hとなる。

4.3　最適開口条件

表４に主要都市の開口数別の最適な開口case、図９に開口数別の平均室内CVDHが最大となるcaseの都市数を示す。開口数２では、case１とcase５が、開口数３ではcase８とcase10が一位となる都市が多い。開口数４ではcase23が一位の都市が多い。開口の位置を比較すると、case８、case23ともcase１とcase５の開口位置を基本とし、case１にcase５の開口部を増やした形になる。どのcaseも開口部の位置が二辺で隣り合うか、直線上に並んだ形となり、室内に循環流が生じ、室全体の気流速度が速くなっている。図４で示したcase24は平均室内CVDHが一位となる都市は存在しない。

5　データベースの構築

5.1　掲載データ

表５にWEB掲載データを示す。全国842地点、25caseの室内CVDHを算出し、各都市の最適な窓の開放条件と、通風の効果を定量的に現した。これらのデータは総数が二万を超えるためWEB上にデータベースを構築する。また、日本建築学会標準住宅モデル等の各住宅モデル室内気流分布も掲載する。

5.2　掲載URL

データ掲載URLは、新潟大学大学院自然科学研究科赤林研究室のホームページとし、全国通風データベースとして掲載する。URLは以下の通りである。

URL:http://tkkankyo.eng.niigata-u.ac.jp/index.html

表４　主要都市の開口数別の最適な開口case

都市名	開口数2 最適開口case	開口数2 平均室内CVDH(℃h)	開口数3 最適開口case	開口数3 平均室内CVDH(℃h)	開口数4 最適開口case	開口数4 平均室内CVDH(℃h)
札幌	1	814	7	861	23	1384
釧路	1	230	8	261	23	384
青森	1	1083	8	1399	23	1970
仙台	1	1269	8	1417	23	2334
水戸	2	1167	10	1732	23	1902
草津	1	133	8	165	23	277
前橋	1	1820	7	2091	23	3083
浦和	1	1438	10	1731	23	2646
東京	1	2152	10	2571	23	3725
横浜	1	1904	10	2471	23	3304
長野	5	1533	8	1635	23	2260
軽井沢	5	451	8	537	22	770
静岡	1	1963	8	2382	23	3699
名古屋	1	2970	8	3275	23	5319
新潟	1	2251	8	2669	23	4170
福井	1	2015	8	2234	23	3353
京都	1	1569	10	1940	23	2915
大阪	5	2667	8	2859	23	3864
広島	1	2170	8	2529	23	3825
松山	1	1078	8	1443	21	3288
福岡	1	1612	8	1824	23	2981
阿蘇山	1	926	8	1091	23	1557
鹿児島	1	1302	8	1644	23	2507
那覇	1	6966	10	8080	23	12115

6　結論

(1)非暖房期間は、北海道は100日未満、東北で100日前後、関東、東海、関西地方では150日前後、四国、九州地方では170～200日前後に多く分布している。沖縄では暖房期間がほとんどない。非暖房期間は北から南、山間部から平野・海岸部に向けて長くなる。

(2)室内気流分布はcase１やcase８のように、通気輪道が形成されていた方が、室内に循環流が生じ室全体の気流速度が速くなる。開口部の位置が二辺で隣り合うか、直線上に並んだ時に循環流が生じやすく室全体の気流速度が速くなる。

(3)日本は全国的に、SEやＳ風向が主風向となる都市が多く、非暖房期間の平均風速(地上高さ1.5ｍ)の分布は0.5m/sから1.5m/sとなる。また、室内CVDHは、北海道から南下するに従い、相対的に大きくなる。また、海沿いで大きく、内陸になるにつれ小さくなる。

(4)開口数２ではcase１、開口数３ではcase８、開口数４ではcase23が一位の都市が多い。開口部が二辺で隣り合うか、直線上に並んだ形の時に室内CVDHの値が大きくなる。

(5)全国842地点、25caseの室内CVDHを算出し、各都市の最適開口条件と、通風の効果を定量的に評価したデータベースを構築した。データは、新潟大学大学院自然科学研究科赤林研究室のホームページに掲載する。

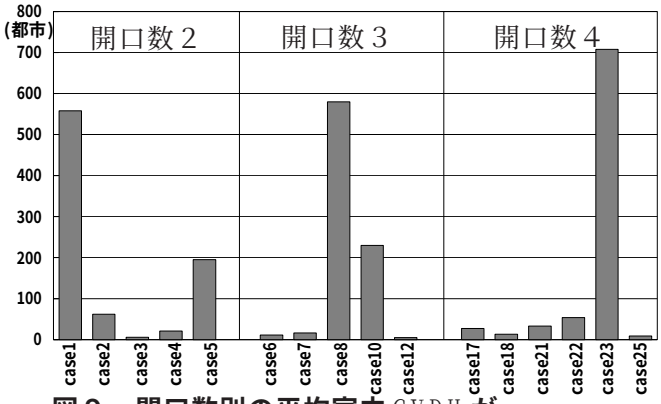


図９　開口数別の平均室内CVDHが最大となるcaseの都市数

表５　WEB掲載データ

室内CVDH	地点	全国842都市
	データ内容	１．非暖房期間
		２．非暖房期間風配図
		３．非暖房期間風速累積頻度
		４．開口数別の平均室内CVDHによるcase順位（上位３位）
		５．全caseの平均CVDH
CFD解析	各住宅モデル気流分布	単純住宅モデル
		日本建築学会標準住宅モデル
		実在住宅モデル３棟